

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07007225 A**

(43) Date of publication of application: **10 . 01 . 95**

(51) Int. Cl

H01S 3/18
H01L 33/00

(21) Application number: **05145999**

(22) Date of filing: **17 . 06 . 93**

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**

(72) Inventor: **TSUJIMURA AYUMI**
OKAWA KAZUHIRO
YOSHII SHIGEO
mitsuyu TSUNEO

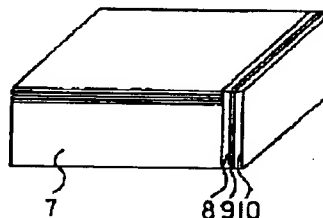
(54) REFLECTOR

(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain a reflector having a light-emitting surface of low reflectance which is indispensable for effective takeout of a light output of a II-VI compound semiconductor light-emitting element operating in a visible short- wavelength range.

CONSTITUTION: A reflector is formed by providing sequentially an Al_2O_3 film 8, an MgO film 9 and an Al_2O_3 film 10 having optical thicknesses being $1/2$, $1/4$ and $1/4$ times as large as an oscillation wavelength respectively on a cleaved end face of a ZnSe laser diode 7, and thereby an end face reflectance of 4% is obtained. For the reflector of a laminated structure, high-frequency magnetron sputtering is used.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-7225

(43) 公開日 平成7年(1995)1月10日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18				
H 0 1 L 33/00	D	7376-4M		
	A	7376-4M		

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

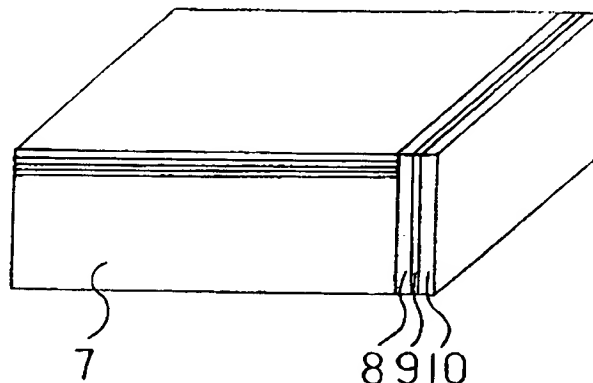
(21) 出願番号	特願平5-145999	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成5年(1993)6月17日	(72) 発明者	辻村 歩 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
		(72) 発明者	大川 和宏 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
		(72) 発明者	吉井 重雄 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 池内 寛幸 (外1名) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射鏡

(57) 【要約】

【目的】 可視短波長領域で動作するII-VI 族化合物半導体発光素子の光出力の有効な取り出しに不可欠な、光出射面の低反射率反射鏡を提供する。

【構成】 ZnSe系レーザーダイオード7のへき開した端面に、それぞれ発振波長の1/2倍、1/4倍および1/4倍の光学厚さであるAl₂O₃膜8、MgO膜9およびAl₂O₃膜10を順に設けた反射鏡を形成し、端面反射率4%を得た。前記積層構造の反射鏡は、高周波マグネトロンスパッタリングを用いた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 II-VI 族化合物半導体からなる発光素子の光出射面に、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、フッ化セリウム (CeF_3)、酸化マグネシウム (MgO)、酸化ガドリニウム (Gd_2O_3) 及び酸化スカンジウム (Sc_2O_3) から選ばれる少なくとも1種類の誘電体の層を設けた反射鏡。

【請求項2】 誘電体の層の厚さが、素子の発光波長の $1/4$ 、 $3/4$ または $5/4$ 倍の光学厚さである請求項1に記載の反射鏡。

【請求項3】 II-VI 族化合物半導体からなる発光素子の光出射面に、屈折率の異なる誘電体からなる2層構造の誘電体層を設けた反射鏡。

【請求項4】 2層構造の誘電体層が、II-VI族化合物半導体の表面側から順に酸化チタン (TiO_2) と二酸化珪素 (SiO_2) の組合せ、酸化ハフニウム (HfO_2) とフッ化マグネシウム (MgF_2) の組合せ、 Gd_2O_3 と SiO_2 の組合せ、 MgO と Al_2O_3 の組合せ、または酸化ジルコニウム (ZrO_2) と MgF_2 の組合せの中から選ばれる少なくとも1種類の組合せである請求項3に記載の反射鏡。

【請求項5】 2層構造の誘電体層の各々の層の厚さが、素子の発光波長の $1/4$ 倍の光学厚さである請求項4に記載の反射鏡。

【請求項6】 II-VI 族化合物半導体からなる発光素子の光出射面に、層の厚さが素子の発光波長の $1/2$ 倍の光学厚さである SiO_2 または Al_2O_3 の層を設け、その表面に各々の層の厚さが素子の発光波長の $1/4$ 倍の光学厚さである TiO_2 と SiO_2 の組合せ、 HfO_2 と MgF_2 の組合せ、 Gd_2O_3 と SiO_2 の組合せ、 MgO と Al_2O_3 の組合せ、または ZrO_2 と MgF_2 の組合せの中から選ばれる少なくとも1種類の組合せからなる誘電体層を設けて3層構造にした反射鏡。

【請求項7】 II-VI族化合物半導体が、硫化亜鉛 (ZnS)、セレン化亜鉛 ($ZnSe$)、テルル化亜鉛 ($ZnTe$)、硫化カドミウム (CdS) またはセレン化カドミウム ($CdSe$) の群から選ばれる1種類以上の単体またはこれらの単体の混晶である請求項1、4または6に記載の反射鏡。

【請求項8】 II-VI族化合物半導体からなる発光素子が、端面発光型または面発光型であるレーザーダイオードまたは発光ダイオードである請求項1、4または6に記載の反射鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、オプトエレクトロニクス材料として期待されるII-VI族化合物半導体を用いた可視短波長半導体発光素子の光出射面に設ける低反射率の反射鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】 可視短波長領域で発振するII-VI 族化合物半導体レーザーは、アプライド・フィジクス・レターズ第59巻第1272頁 (Appl. Phys. Lett. Vol59(1991)1272) に記載されているように、 $ZnCdSe/ZnSe$ 系単一量子井戸構造を用いて、世界で初めて、77Kにおける490nm (青緑色) のパルス発振が報告されたことに始まる。ここでは、レーザーの光共振器を構成する反射鏡は、結晶をへき開することによって得られるへき開面をそのまま利用している。端面での反射率は20%程度で、発振のしきい値電流は74mAである。

【0003】 また、ジャパニーズ・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジクス第30巻第3873頁 (Jpn. J. Appl. Phys. Vol30(1991)3873) に記載されているような $ZnSe$ の p-n 接合発光ダイオードがある。ここでは、n型 $ZnSe$ 基板を用いており、室温で465nm (青色) の発光をp型側表面からも基板裏面からも取り出すことができるが、いずれの表面にも反射率を制御するための層は設けられていない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 反射鏡としてII-VI族化合物半導体素子の表面やへき開面をそのまま用いると、素子を構成する半導体材料の屈折率に応じた反射率しか得られず、レーザー出力や発光ダイオードの光出力を有効に取り出すことができない。そのため、素子表面または端面の光出射面に誘電体からなる反射鏡を形成し、反射率を最適化する必要がある。つまり光出力の取り出しを行なおうとする面には低反射率の反射鏡を、それ以外の面には高反射率の反射鏡を形成することが望ましい。

【0005】 反射鏡を構成する材料としては、III-V 族化合物半導体レーザーなどに用いられている反射鏡の材料をII-VI族化合物半導体発光素子に適用することが考えられるが、発光波長領域が異なること、半導体材料の屈折率が異なることから、そのまま適用することはできない。例えば、アモルファス Si を用いると、500nmにおいて複素屈折率の虚数部が実数部と同程度にまで大きくなり、放出光を吸収してしまうため、レーザー光による素子端面での光学損傷をひき起こす原因となる。

【0006】 さらに、反射鏡材料の素子との熱膨張係数差、素子に対する付着性、結晶性、熱伝導率、硬度、耐湿性、安定性などは、素子の活性層に対する歪、光損失の原因としてレーザー動作に影響を与える因子であり、実用上の観点からも重要である。そのため、これらの因子を最適化できる材料を見いだすことが必要である。

【0007】 本発明はかかる点に鑑みてなされたもので、可視短波長領域で使用されるII-VI族化合物半導体発光素子の最適な動作に不可欠な光出射面に設ける低反射率の反射鏡を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するた

め、本発明の第1番目の反射鏡は、II-VI族化合物半導体からなる発光素子の光出射面に、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、フッ化セリウム (CeF_3)、酸化マグネシウム (MgO)、酸化ガドリニウム (Gd_2O_3) 及び酸化スカンジウム (Sc_2O_3) から選ばれる少なくとも1種類の誘電体の層を設けたという構成を備えたものである。

【0009】前記構成においては、誘電体の層の厚さが、素子の発光波長の $1/4$ 、 $3/4$ または $5/4$ 倍の光学厚さであることが好ましい。次に本発明の第2番目の反射鏡は、II-VI族化合物半導体からなる発光素子の光出射面に、屈折率の異なる誘電体からなる2層構造の誘電体層を設けたという構成を備えたものである。

【0010】前記構成においては、2層構造の誘電体層が、II-VI族化合物半導体の表面側から順に酸化チタン (TiO_2) と二酸化珪素 (SiO_2) の組合せ、酸化ハフニウム (HfO_2) とフッ化マグネシウム (MgF_2) の組合せ、 Gd_2O_3 と SiO_2 の組合せ、 MgO と Al_2O_3 の組合せ、または酸化ジルコニウム (ZrO_2) と MgF_2 の組合せの中から選ばれる少なくとも1種類の組合せであることが好ましい。

【0011】また前記構成においては、2層構造の誘電体層の各々の層の厚さが、素子の発光波長の $1/4$ 倍の光学厚さであることが好ましい。次に本発明の第3番目の反射鏡は、II-VI族化合物半導体からなる発光素子の光出射面に、層の厚さが素子の発光波長の $1/2$ 倍の光学厚さである SiO_2 または Al_2O_3 の層を設け、その表面に各々の層の厚さが素子の発光波長の $1/4$ 倍の光学厚さである TiO_2 と SiO_2 の組合せ、 HfO_2 と MgF_2 の組合せ、 Gd_2O_3 と SiO_2 の組合せ、 MgO と Al_2O_3 の組合せ、または ZrO_2 と MgF_2 の組合せの中から選ばれる少なくとも1種類の組合せからなる誘電体層を設けて3層構造にしたという構成を*

$$r_{12} = (r_1 + r_2 e^{-if}) / (1 + r_1 r_2 e^{-if})$$

【0017】

【数2】

$$f = (4\pi/\lambda) n_1 d_1$$

【0018】また、 r_1 、 r_2 はそれぞれ (数3) および (数4) と表わされ、これらから膜表面でのエネルギー反射率 R_1 は (数5) のように求められる。

【0019】

【数3】

$$r_1 = (n_0 - n_1) / (n_0 + n_1)$$

【0020】

【数4】

$$r_2 = (n_1 - n_2) / (n_1 + n_2)$$

※

50

* 備えたものである。

【0012】前記第1～3番目の反射鏡の構成においては、II-VI族化合物半導体が、硫化亜鉛 (ZnS)、セレン化亜鉛 ($ZnSe$)、テルル化亜鉛 ($ZnTe$)、硫化カドミウム (CdS) またはセレン化カドミウム ($CdSe$) の群から選ばれる1種類以上の単体またはこれらの単体の混晶であることが好ましい。

【0013】また前記第1～3番目の反射鏡の構成においては、II-VI族化合物半導体からなる発光素子が、端面発光型または面発光型であるレーザーダイオードまたは発光ダイオードであることが好ましい。

【0014】

【作用】誘電体は、一般に、可視領域で光吸収がなく、透明である。そのため、発光波長が可視短波長領域に存在するII-VI族化合物半導体発光素子に対する低反射率の反射鏡として用いると、反射鏡を設けない場合よりも反射率を低くすることができ、小さな電流で大きな光出力を取り出すことができる。特に、レーザーダイオードに適用した場合、レーザー光を吸収しないため、光出射面の熱的な破壊や光電界による損傷を受け難く、より大きなレーザー出力を取り出すことができる。

【0015】誘電体の膜が反射鏡として作用する理由は、次の通りである。光が媒質中を伝搬する際、媒質に変化があると、その界面では反射が起こる。屈折率 n_0 と n_2 の媒質の間に屈折率 n_1 で厚さ d_1 の薄膜があると、これに入射した波長 λ の光は膜の両界面で反射を繰り返して多重干渉を起こす。その結果、合成振幅反射係数 r_{12} は、それぞれの界面でのフレネル反射係数を r_1 、 r_2 として、下記式 (数1) と表わせる。ここで、 f は薄膜内を往復する際の位相の遅れで、垂直入射の場合、(数2) のように表わせる。

【0016】

【数1】

※【0021】

【数5】

$$R_1 = r_{12} \cdot r_{12}^* = |r_{12}|^2$$

【0022】反射による位相変化は、低屈折率側から高屈折率側に入射した場合は π 、その逆では0である。したがって $f = \pi$ 、すなわち垂直入射光に対して光学厚さ $n_1 d_1$ が $\lambda/4$ である膜は、 $n_0 > n_1 > n_2$ の場合は両界面からの反射光が逆位相となり、反射減少効果をもたらす。

【0023】このことから、単層膜の場合、II-VI族化合物半導体の屈折率を n_0 、誘電体膜の屈折率を n_1 とすると、誘電体膜の厚さが $\lambda/4 n_1$ で、 n_1 が (数6) を満たすとき、反射率が0%になる。

【0024】

【数6】

$$n_1 = n_0^{1/2}$$

【0025】 n_0 は2.5～3.5であるので、 n_1 は1.6～1.9となる。このような誘電体のうち、II-VI族化合物半導体との熱膨張係数差、付着性、結晶性、熱伝導率、硬度、耐湿性、安定性などを考慮すると、 Al_2O_3 、 CeF_3 、 MgO 、 Gd_2O_3 または Sc_2O_3 が反射鏡材料として適用できることがわかった。実用上、厳密に反射率が0%である必要はないので、また、レーザーダイオードでは発振波長が周囲温度によって変化するので、誘電体膜の厚さが $\lambda/4n_1$ である必要はない。また、厚さが $\lambda/4n_1$ では誘電体膜の強度や信頼性が確保できない場合、 $3\lambda/4n_1$ や $5\lambda/4n_1$ の厚さを用いてもよい。

【0026】また、2層膜の場合、2種類の誘電体の屈折率を n_1 、 n_2 とする（半導体表面側を n_1 とする）と、誘電体層の各々の層の厚さが発光波長の $1/4$ 倍の光学厚さで、 n_1 が（数7）または（数8）のいずれかを満たすとき、反射率が0になる。

【0027】

【数7】

$$n_1 = n_2 n_0^{1/2}$$

【0028】

【数8】

$$n_1 = n_0 / n_2 \quad (n_1 > n_2)$$

【0029】これらの関係を満たす誘電体のうち、II-VI族化合物半導体との熱膨張係数差、付着性、結晶性、熱伝導率、硬度、耐湿性、安定性などを考慮すると、半導体の表面側から順に TiO_2 と SiO_2 の組合せ、 HfO_2 と MgF_2 の組合せ、 Gd_2O_3 と SiO_2 の組合せ、 MgO と Al_2O_3 の組合せ、または ZrO_2 と MgF_2 の組合せが反射鏡材料として適用できることがわかった。実用上、反射率が厳密に0%である必要はなく、それぞれの膜の厚さを発光波長の $1/4$ 倍の光学厚さ以外の適当な厚さに選ぶことで所望の分光特性の反射面を得ることができる。

【0030】また、2層膜の下に発光波長の $1/2$ 倍の光学厚さである SiO_2 または Al_2O_3 の層を設けた3層構成とすると、この低屈折率層により、レーザー損傷の原因となる半導体と膜の界面での不純物などによる微小吸収を低減することができる。

【0031】

【実施例】反射鏡の形成方法については、真空槽内で、半導体発光素子の光出射面に誘電体膜を蒸着することにより、高品質な反射鏡を得ることができる。ここでいう高品質とは、作製方法に依存して種々の光損失の原因となる、組成・密度の変動や不純物の混入やクラックの発

生が少なく、均質で清浄、平滑であることを指す。蒸着する方法としては、電子ビーム加熱や抵抗加熱などの真空蒸着法、高周波（RF）スパッタリング法、低压プラズマ重合法などを用いることができる。

【0032】以下、具体的実施例を挙げて本発明をより詳細に説明する。

実施例1

図1は、本発明の一実施例の構成を示す斜視図である。活性層を $ZnCdSe$ 、導波層を $ZnSe$ 、クラッド層を $ZnSSe$ とするII-VI族化合物半導体レーザーダイオード1の片側の出射端面に、発振波長の $3/4$ 倍の光学厚さの CeF_3 膜2を設けた反射鏡を形成した。

【0033】本実施例では、RFマグネトロンスパッタリング装置を用いて CeF_3 の蒸着を行なった。スパッタ源は CeF_3 焼結ターゲットである。用いた $ZnSe$ 系レーザーダイオードは、300Kでの発振波長が520nmであり、この波長での等価屈折率は2.60である。

【0034】スパッタリングガスには、流量2sccmのアルゴンを用い、ガス圧は1.0Pa、基板温度は110℃、 CeF_3 ターゲットへの印加電力は100Wとした。この条件で得られる CeF_3 膜の発振波長領域における屈折率は1.61である。

【0035】 $ZnSe$ 系レーザーダイオード1のへき開した端面に、発振波長の $3/4$ 倍の光学厚さ、すなわち242nmの膜厚の CeF_3 膜2を蒸着した。反射鏡を形成した端面の反射率を測定した結果、520nmにおいて最小反射率2%が得られ、480～550nmの広い波長範囲で、反射率4%以下が得られた。一方、誘電体膜を蒸着していないへき開しただけの面では、520nmにおいて反射率は20%であった。

【0036】なお、 CeF_3 膜の厚さを、発振波長の $1/4$ 倍または $5/4$ 倍の光学厚さ、すなわち81nmまたは404nmとした場合でも同様の効果が得られた。また、 CeF_3 の代わりに、 Al_2O_3 、 MgO 、 Gd_2O_3 または Sc_2O_3 の膜を用いた構成とした場合でも、本質的に同様の効果が得られた。ただし、 Gd_2O_3 または Sc_2O_3 を用いた場合、膜厚は信頼性の観点から、発振波長の $3/4$ 倍または $5/4$ 倍の光学厚さが好ましかった。

【0037】実施例2

図2は、本発明の一実施例の構成を示す斜視図である。 $ZnSe$ 系発光ダイオード3の表面に、 TiO_2 膜4と SiO_2 膜5をそれぞれ発光波長の $1/4$ 倍の光学厚さで設けた反射鏡を形成した。

【0038】本実施例では、RFマグネトロンスパッタリング装置を用いた。スパッタ源は SiO_2 ガラスターゲットと TiO_2 ターゲットとで構成した。サンプルホルダーはこれに直結した回転軸により、 SiO_2 ターゲットまたは TiO_2 ターゲットのいずれかのターゲット

上方に持ってくる事ができる。サンプルホルダーの位置とターゲット上方での滞在時間とは、コンピュータで制御されている。蒸着中のコンタミネーションを防ぐため、各ターゲットにシールド板を設けている。フォトリソグラフィにより反射鏡のパターンを形成した発光ダイオード3を、反射鏡を形成すべき表面を上にしてサンプルホルダーに固定する。本実施例で用いたZnSe発光ダイオードは、300Kでの発光波長が505nmで、この波長領域での屈折率が2.64のものである。スパッタリングガスには流量2sccmのアルゴンと0.3sccmの酸素を用い、ガス圧は1.0Pa、基板温度は110℃、SiO₂ターゲットおよびTiO₂ターゲットへの印加電力は100Wとした。この条件で得られるSiO₂膜、TiO₂膜の発光波長領域における屈折率は、それぞれ1.45、2.35である。

【0039】まず、サンプルホルダーをTiO₂ターゲットの上で350秒間滞在させて、膜厚49nmのTiO₂膜を発光ダイオード表面に蒸着させた。次にサンプルホルダーを回転させ、SiO₂ターゲットの上で280秒間滞在させて、TiO₂膜の上に、膜厚80nmのSiO₂膜を蒸着させた。

【0040】その後、リフトオフとフォトリソグラフィを繰り返し、反射鏡以外の部分にリング状の電極6を形成し、低反射率反射鏡付き発光ダイオードを作製した。反射率を測定した結果、反射鏡のない発光ダイオード表面の反射率は465nmにおいて20%であったのに対し、反射鏡付き発光ダイオードでは3%であった。このため同じ条件で動作させたときの発光ダイオードの光出力は反射鏡なしのものに比べて、反射鏡付きの場合は1.2倍に増加した。

【0041】なお、2層構造の誘電体層をTiO₂とSiO₂の組合せの代わりに、HfO₂とMgF₂の組合せ、Gd₂O₃とSiO₂の組合せ、MgOとAl₂O₃の組合せまたはZrO₂とMgF₂の組合せを用いた構成とした場合でも、同様の効果が得られた。

【0042】実施例3

図3は、本発明の一実施例の構成を示す斜視図である。ZnSe系レーザーダイオード7のへき開した端面に、それぞれ発振波長の1/2倍、1/4倍および1/4倍の光学厚さであるAl₂O₃膜8、MgO膜9およびAl₂O₃膜10を順に設けた反射鏡を形成した。

【0043】本実施例では、RFマグネトロンスパッタリング装置を用いた。スパッタ源はAl₂O₃ターゲットとMgOターゲットとで構成した。用いたZnSe系レーザーダイオードは、300Kでの発振波長が520nmであり、この波長での等価屈折率は2.60である。

【0044】スパッタリングガスには、流量2sccmのアルゴンを用い、ガス圧は1.0Pa、基板温度は110℃、Al₂O₃ターゲットおよびMgOターゲット

への印加電力は100Wとした。この条件で得られるAl₂O₃膜、MgO膜の発振波長領域における屈折率は、それぞれ1.55、1.68である。

【0045】まず、サンプルホルダーをAl₂O₃ターゲットの上で840秒間滞在させて、膜厚168nmのAl₂O₃膜を発光ダイオード表面に蒸着させた。次にサンプルホルダーを回転させ、MgOターゲットの上で250秒間滞在させて、Al₂O₃膜の上に、膜厚77nmのMgO膜を蒸着させた。さらにサンプルホルダーを回転させ、Al₂O₃ターゲットの上で420秒間滞在させて、MgO膜の上に、膜厚84nmのAl₂O₃膜を蒸着させた。反射鏡を形成した端面の反射率は、520nmにおいて4%であった。

【0046】さらに、このレーザーダイオードの他方の端面に、発振波長の1/4倍の光学厚さであるSiO₂膜とTiO₂膜を交互に5層ずつ蒸着して、反射率99%の高反射鏡を得た。

【0047】このレーザーダイオードを300Kでパルス駆動したところ、反射率4%の端面からのレーザー出力は、注入電流150mAのとき、10mWに達した。一方、両端面ともへき開をしただけで誘電体の反射鏡を形成していないレーザーダイオードに150mAの電流を注入したときの光出力は5mWであった。

【0048】なお、半導体表面側の発振波長の1/2倍の光学厚さであるAl₂O₃膜の代わりに、発振波長の1/2倍の光学厚さであるSiO₂膜を用いた構成とした場合でも、またその上に設ける2層構造の誘電体層をMgOとAl₂O₃の組合せの代わりに、HfO₂とMgF₂の組合せ、Gd₂O₃とSiO₂の組合せ、TiO₂とSiO₂の組合せまたはZrO₂とMgF₂の組合せを用いた構成とした場合でも、同様の効果が得られた。

【0049】

【発明の効果】以上述べてきたように、本発明は、II-VI族化合物半導体に対して、屈折率の関係、熱膨張係数差、付着性、結晶性、熱伝導率、硬度、耐湿性、安定性などを最適化した、1層、2層、または3層からなる誘電体の低反射率反射鏡材料およびその構成を見いだした。これによれば、II-VI族化合物半導体発光素子からの光出力を有効に取り出すことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の構成を示す斜視図

【図2】本発明の実施例2の構成を示す斜視図

【図3】本発明の実施例3の構成を示す斜視図

【符号の説明】

- 1 ZnSe系レーザーダイオード
- 2 CeF₃膜
- 3 ZnSe系発光ダイオード
- 4 TiO₂膜
- 5 SiO₂膜

9

10

6 電極

7 ZnSe系レーザーダイオード

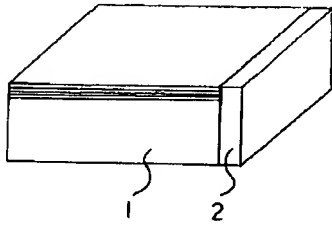
8 Al_2O_3 膜

* 9 MgO膜

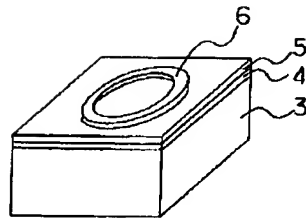
10 Al_2O_3 膜

*

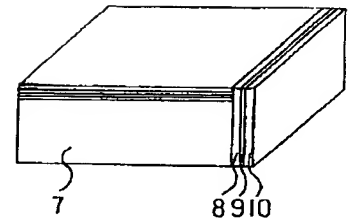
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 三露 常男

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内